

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra mechanické technologie**

**Návrh nového technologického postupu výroby vnitřního a  
vnějšího závitu**  
**Proposal for New Technological Process of Internal and  
External Thread**

**Student:**

**Bc. Marek Kohoutek**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Jiří Kratochvíl Ph.D.**

**Ostrava 2011**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Kohoutek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh nového technologického postupu výroby vnitřního a vnějšího závitu**  
**Proposal for New Technological Process of Internal and External Thread**

Zásady pro vypracování:

1. Způsoby výroby závitu.
2. Stávající technologie výroby závitu.
3. Návrh technologie frézování závitu.
4. Ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KOČMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.  
[2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrství*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.  
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovej obrábani*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.  
[4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



  
doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použitelné podklady a literaturu.

V Ostravě 23.5.2011



.....  
podpis studenta

### Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 23.5.2011 .....

.....  
.....

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kohoutek, M. Návrh nového technologického postupu výroby vnitřního a vnějšího závitu. Ostrava: katedra obrábění a montáže, fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 58 s. Diplomová práce, vedoucí projektu Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Tato práce vypracovaná v rámci magisterského studia oboru strojírenská technologie se zabývá výrobou závitů. Cílem je navrhnout postup frézování závitu v podmínkách malé strojírenské firmy. Na počátku jsou uvedeny jednotlivé způsoby výroby závitů. Hlavní část se zabývá optimalizací výroby součásti s vnitřním a vnějším závitem. Závěr je zaměřen na ekonomické zhodnocení výroby.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

Kohoutek, M. *Proposal for a new technological process of internal and external thread: Master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2011, 58 p. Thesis head: Ing. Kratochvíl Jiří, Ph.D.

This thesis developed in the master's degree in engineering technology deals with coils production. The aim is to propose a thread milling process in conditions of a small engineering company. At the beginning are individual ways of thread production. The main part deals with optimization of production of components with internal and external threads. The conclusion focuses on the economic evaluation of the production.

## Obsah:

|  |    |
|--|----|
| Seznam použitého značení                                       | 9  |
| 1 Úvod   | 10 |
| 2 Způsoby výroby závitu  | 11 |
| 2.1 Řezání závitů na soustruhu                                 | 11 |
| 2.1.1 Řezání závitů závitníky a závitovými čelistmi.           | 11 |
| 2.1.2 Soustružení závitů závitovými noži                       | 11 |
| 2.1.3 Postup při řezání závitů závitníky a závitovými čelistmi | 12 |
| 2.1.4 Soustružení závitů závitovými noži                       | 15 |
| 2.1.5 Řezání závitů na univerzálním soustruhu                  | 16 |
| 2.1.6 Řezání závitu na revolverovém soustruhu                  | 20 |
| 2.2 Řezání závitu na vrtačce                                   | 20 |
| 2.3 Řezání závitu na závitorezech                              | 21 |
| 2.4 Frézování závitů   | 21 |
| 2.4.1 Frézování dlouhých závitů                                | 21 |
| 2.4.2 Frézování krátkých závitů                                | 22 |
| 2.4.3 Frézování závitů na CNC frézkách                         | 22 |
| 2.5 Okružovací frézování závitů                                | 23 |
| 2.6 Broušení závitů  | 24 |
| 2.7 Válcování závitů   | 24 |
| 2.7.1 Válcování plochými čelistmi                              | 25 |
| 2.7.2 Válcování závitu dvěma kotouči                           | 25 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.7.3 | Válcování závitu třemi kotouči            | 26 |
| 3     | Měření a kontrola závitů                  | 26 |
| 3.1   | Kontrola závitu kalibry                   | 28 |
| 4     | Stávající technologie výroby závitu       | 29 |
| 4.1   | Údaje o firmě                             | 29 |
| 4.2   | Popis součásti                            | 30 |
| 4.3   | Materiál součásti                         | 31 |
| 4.4   | Obrábění korozivzdorných ocelí            | 32 |
| 4.5   | Výroba součásti                           | 33 |
| 4.5.1 | Univerzální soustruh SU 50                | 33 |
| 4.5.2 | Nástroje                                  | 34 |
| 4.6   | Výpis postupu obrábění                    | 37 |
| 5     | Návrh nové technologie výroby součásti    | 38 |
| 5.1   | Volba nástrojů                            | 39 |
| 5.1.1 | Jádrový vrták                             | 39 |
| 5.1.2 | Nůž pro vnější soustružení                | 40 |
| 5.1.3 | Nůž pro vnitřní soustružení A25R-PTFNR 16 | 42 |
| 6     | Návrh technologie frézování závitu        | 44 |
| 6.1   | Frézka FA4AV                              | 44 |
| 6.2   | Tvarová kotoučová fréza                   | 45 |
| 6.3   | Řezné parametry                           | 46 |
| 6.4   | Výpočet úhlu stoupání závitu              | 47 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.5   | Výpočet převodu otočného stolu                            | 47 |
| 6.6   | Úprava výrobního postupu                                  | 48 |
| 7     | Ekonomické zhodnocení                                     | 50 |
| 7.1   | Stanovení technické normy času stávající technologie [18] | 50 |
| 7.2   | Stanovení technické normy času navržené technologie [18]  | 50 |
| 7.3   | Kontrola velikosti výrobní dávky [18]                     | 52 |
| 7.4   | Stanovení norem času pro výrobní dávku [18]               | 52 |
| 7.5   | Stanovení roční NSČ výroby [18]                           | 53 |
| 7.6   | Porovnání operativních kalkulací výroby                   | 54 |
| 7.6.1 | Náklady na výrobu jednoho kusu                            | 54 |
| 7.6.2 | Náklady na výrobní dávku                                  | 55 |
| 7.6.3 | Náklady na roční výrobu                                   | 56 |
| 7.7   | Vyhodnocení ekonomických ukazatelů                        | 57 |
| 8     | Závěr   | 58 |
| 9     | Literatura  | 59 |



## Seznam použitého značení

|              |                                    |                               |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------|
| $n$          | $[\text{min}^{-1}]$                | otáčky                        |
| $V_c$        | $[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ | řezná rychlost                |
| $P$          | $[\text{mm}]$                      | stoupání závitu               |
| $R_m$        | $[\text{MPa}]$                     | pevnost v tahu                |
| $R_{p\ 0,2}$ | $[\text{MPa}]$                     | mez kluzu                     |
| $A$          | $[\%]$                             | tažnost                       |
| $F$          | $[\text{mm}]$                      | posuv                         |
| $T_o$        | $[\text{min}]$                     | čas operační                  |
| $\lambda_s$  | $[\circ]$                          | úhel sklonu řezné hrany       |
| $\gamma_o$   | $[\circ]$                          | úhel čela                     |
| $a_p$        | $[\text{mm}]$                      | Šířka záběru                  |
| $K_{vx}$     | $[-]$                              | koeficient stavu stroje       |
| $K_{vt}$     | $[-]$                              | korekce trvanlivosti          |
| $K_{vs}$     | $[-]$                              | korekce vnitřního soustružení |
| $f_z$        | $[\text{mm}]$                      | Posuv na zub                  |
| $i$          | $[-]$                              | převod pohonu otočného stolu  |
| $i_{os}$     | $[-]$                              | převod otočného stolu         |
| $i_p$        | $[-]$                              | převod svislého posuvu        |

## 1 Úvod

V dnešní době jsou závity neodmyslitelnou součástí ve strojírenské výrobě. Součásti se závity se používají ke spojování, upevňování, nebo jako pohybových šroubů. Závit vznikne navinutím profilu závitu ve šroubovici na obvod válce. Různé tvary profilů závitů umožňují jejich všestranné použití. Vnitřní a vnější závit tvoří funkční celek.

V běžné strojírenské výrobě se většina závitů vyrábí třískovým obráběním. Třískové obrábění je vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu. Tento způsob nabízí řadu výhod především v možnosti výroby od ručního až po strojní obrábění na konvenčních strojích i na moderních obráběcích strojích s CNC řízením. V sériové a hromadné výrobě se převážně používá beztřísková výroba tvářením závitů.

Cílem práce je seznámení se způsoby výroby závitu, celkové zefektivnění výroby a zavedení technologie frézování závitu. A to s ohledem na možnosti malé firmy a použití konvenčních obráběcích strojů.

## **2 Způsoby výroby závitu**

Závity se mohou řezat různými způsoby, např. závitníky, závitovými čelistmi a závitnicemi, a to ručně nebo na strojích, soustružit závitovými noži, frézovat, brousit a válcovat. Často se závity lisují nebo odlévají (např. vstřikovým litím). Volba způsobu výroby závitu se řídí podle počtu součástí, podle požadované přesnosti a jakosti obrobeneho povrchu.

### **2.1 Řezání závitů na soustruhu**

Na soustruhu se závity řezou závitníky, závitovými čelistmi, nebo se soustruží závitovými noži. Obvykle se závit řeže zároveň s jinými soustružnickými pracemi.

#### **Řezání závitů závitníky a závitovými čelistmi.**

Je jednoduché a levné. Takto se řezou hlavně metrické závity. Soustruženými závitníky dosáhneme závitů středního stupně přesnosti, broušenými dosáhneme závitů větší přesnosti. Někdy se speciálními závitníky řezou také jiné tvary závitů, např. lichoběžníkový závit. Při řezání závitu na soustruhu vykonává hlavní pohyb obrobek. Aby se závit nevyřezal šikmo, musí být závitník nebo kruhová čelist vedena hrotovou objímkou koníku. Závitník se šroubovitě zařezává do předvrtané díry a vyřezává přitom závity.

#### **Soustružení závitů závitovými noži**

Trvá déle než řezání závitníky nebo závitovými čelistmi, protože nůž musí řezat závit až do jeho konečné podoby na několikrát (několika záběry postupně za sebou). Tento způsob má však přednost v tom, že jím lze zhotovit velmi přesné závity různé velikosti a tvaru, např. metrický závit, lichoběžníkový závit, lichoběžníkový závit nerovnoramenný. Aby se dosáhlo požadovaného stoupání závitu, musí mít závitový nůž nucený posuv pomocí vodícího šroubu nebo závitového pouzdra.

## Postup při řezání závitů závitníky a závitovými čelistmi

### Závit matice (vnitřní závit)

Při řezání závitu se materiál vytlačuje, a proto je nutno, aby díra pro závit byla větší, než je malý průměr závitu. Jen u těsnících závitů je nutno, aby díra pro závit měla stejný průměr jako malý průměr závitu matice. Je-li díra pro závit příliš malá, musí závitník ubírat příliš tlustou třísku, takže se může snadno zlomit. Kromě toho se mohou závity snadno potrhát. Je-li díra pro závit příliš velká, nevyříznou se závity úplně. Při zatížení se pak závit snadno poškodí, strhne. Hrany u díry pro závit se srazí kuželovým záhlubníkem 90°, aby se závitník snadno zařídil a nevznikl otřep.

Při volbě závitníku se musí přihlížet k materiálu obrobku a k tvaru a délce řezaného závitu. Závitníky na metrické závity jsou normalizovány a vyrábějí se z nástrojové, nebo rychlořezné oceli. Jejich závity jsou vyřezané, nebo broušené.

- Sadové závitníky (v sadách po třech kusech) jsou k řezání závitu ve slepých dírách a v hlubokých průchozích dírách. Závity v průchozích dírách se nejčastěji řezou dvěma závitníky (předřezávací a dořezávací) nebo jednorázovým závitníkem.



Obrázek 2.1 sadové závitníky [1]

- Strojní závitníky jsou buď sadové (dva kusy v sadě) nebo jednorázové závitníky. K upnutí ve stroji mají válcovou stopku s krátkým čtyřhranem nebo se zploštěním na konci. Jsou též závitníky se speciálními stopkami.



Obrázek 2.2 šroubový závitník [1]

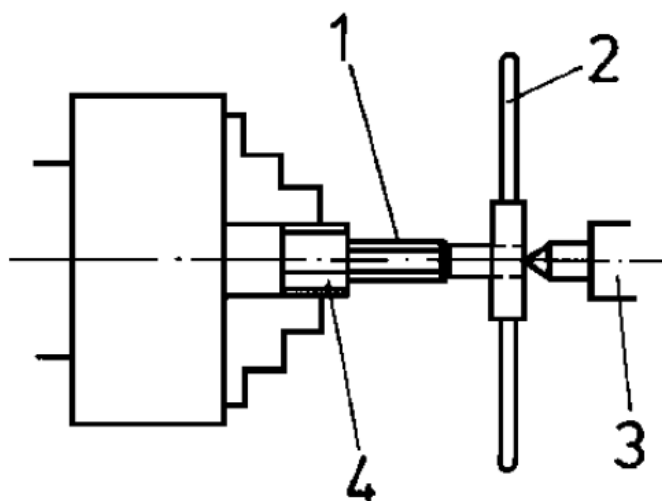
- Maticové závitníky jsou jednorázové závitníky, kterými se řežou krátké průchozí závity matic najednou (jedním řezem).



**Obrázek 2.3 maticový závitník [1]**

Chyby závitů, např. šikmé závity, hrubé a potrhane boky závitů vznikají neodborným způsobem práce:

- Závitníky musí být ostré, jinak budou boky závitů hrubé a potrhane
- Aby závit nebyl šikmý, musí být obrobek na soustruhu ustředěn
- Sadových závitníků se musí používat ve správném pořadí za sebou
- Mazání vhodnými mazivy zmenšuje tření a umožňuje, aby se dosáhlo čistých a hladkých boků závitů



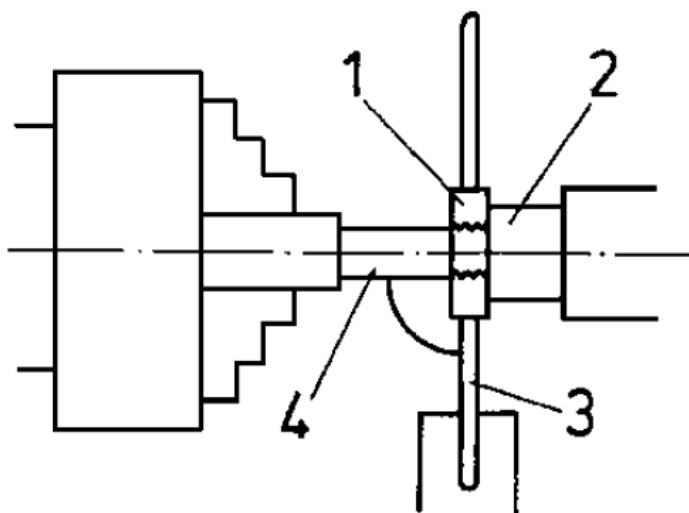
**Obrázek 2.4 schéma použití závitníku na soustruhu [2]**

## Závit šroubu (vnější závit)

Protože se materiál při řezání závitu vytlačuje, soustruží se dřík šroubu asi o 1/10 stoupání závitu menší, než je velký průměr šroubu. Sražená hrana v díře umožňuje snadný běh závitové čelisti. Příliš velký průměr dříku způsobí, že se závit potrhá.

Volba závitové čelisti. Velikost závitu, který lze vyřezat je omezena: metrický závit do průměru 30 mm. Závity od M 16 je nutno řezat na dva záběry, jinak by ubíraná tříska byla příliš tlustá a závity by se potrhaly. Závitové čelisti jsou normalizovány a vyrábějí se většinou z nástrojové oceli.

- Čelní plocha kruhové závitové čelisti musí být dobře uložena ve vložce, popřípadě ve vratidle, obrobek nesmí házet a závitová čelist musí být správně (kolmo) nasazena, jinak by byl závit šikmý.
- Tupé závitové čelisti řezou hrubé závity s potrhanými boky.
- Hromaděním třísek v zubových drážkách se poškozují boky závitu.
- Je nutné mazat.



Obrázek 2.5 schéma použití kruhové závitové čelisti na soustruhu [2]

## **Soustružení závitů závitovými noži**

Závity lze soustružit buď na univerzálním soustruhu, nebo na soustruhu na závity s vodícím závitovým pouzdrem.

### **Soustružení závitů na soustruhu se závitovým pouzdrem**

Malé soustruhy, např. soustruhy pro jemnou mechaniku jsou často vybaveny závitovým vodícím pouzdrem. K dosažení potřebného posuvu se používá závitových pouzder a závitových hvězdic. Závitová pouzdra mají vnější závit. Pro každý závit, který se má řezat je nutné zvláštní závitové pouzdro s příslušným stoupáním závitu. Závitové hvězdice mají několik výřezů, z nichž každý má závit pro jiné stoupání.

U soustruhů na závity s vodícím pouzdrem je pracovní vřeteno často podélně posuvné. Aby bylo možno soustružit závit se stoupáním např. 1 mm, musí se upevnit závitové pouzdro se stejným stoupáním závitu na prodloužené pracovní vřeteno. Závitová hvězdice je našroubována na saních, pomocí nichž je svisle přestavitelná ve vřeteníku. Pákou se závity hvězdice zařazují do záběru se závitovým pouzdrem. Současně se uvolní pracovní vřeteno pro podélný posuv. Při řezání závitu se pracovní vřeteno otáčí a zároveň posouvá podle stoupání závitového pouzdra, podobně jako šroub v matici. Obrobek se otáčí a zároveň posouvá podél nehybného závitového nože, který na povrchu obrobku řeže závit.

Závitová hvězdice a závitové pouzdro zůstávají při řezání závitu trvale v záběru. Pracovní vřeteno se otáčením doprava nebo doleva vysunuje (vtahuje), přičemž se závitový nůž nastavuje na hloubku řezu. Před pohybem vřetena zpět (vtažením) se musí závitový nůž nůž vysunout ze záběru. Místo normálního závitových nožů se často používá hřebínkových závitových nožů.

Jsou též soustruhy tohoto typu, které mají posuvné závitořezné zařízení. Pracovní vřeteno u takového stroje není posuvné. Normální, nebo hřebínkový závitový nůž je upnut v posuvném ramenu, jehož posuv obstarává závitové pouzdro a závitová hvězdice. Rameno, v kterém je upnut závitový nůž se uvádí do záběru naklápěním. Posuvného závitořezného zařízení se často používá na revolverových soustruzích.

## **Řezání závitů na univerzálním soustruhu**

Při řezání závitů se posunuje závitový nůž, upnutý v nožových saních suportu, podélně pomocí vodícího šroubu proti obrobku. Vodící šroub má obvykle lichoběžníkový závit a je poháněn převody od pracovního vřetena. Přeměny otáčivého pohybu šroubu na posuvný pohyb nožových saní se dosahuje dělenou maticí, která je upevněna na podélných saních. Pákou se dělená matice svírá, nebo rozevírá.

Od vodícího šroubu lze odvodit také posuv pro podélné soustružení. Tím by se však vodící šroub při trvalém používání velmi brzo opotřebil, takže by se pro řezání přesných závitů stal nepotřebný. Použije-li se k řezání závitů tažného hřídele, bude stoupání závitu nepřesné, protože převody v suportové skříni bývají často opotřebovány.

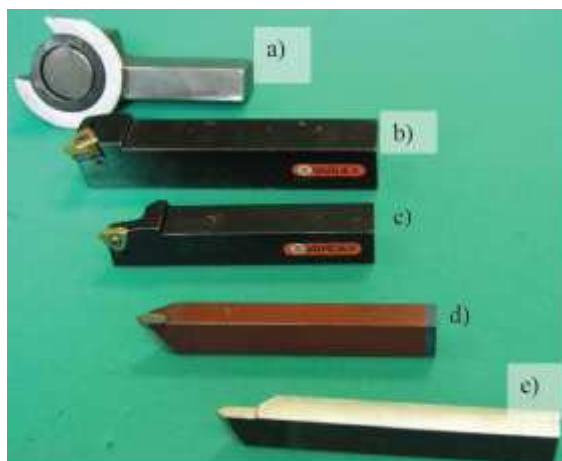
### **Funkce převodu s výměnnými koly a posuvového ústrojí.**

Abychom dosáhli požadovaného stoupání závitu, musí být počet otáček vodícího šroubu v určitém poměru k počtu otáček obrobku. Při řezání závitu např. o stoupání 6 mm musí se posunout nožové saně během jedné otáčky obrobku o 6 mm v podélném směru. Vodící šroub, který má stoupání právě 6 mm, dosáhneme potřebného posuvu za jednu otáčku. Má-li se řezat závit o stoupání 3 mm, musí se vodící šroub otočit o polovinu otáčky během jedné otáčky obrobku. Požadovaného poměru počtu otáček obrobku a vodícího šroubu lze dosáhnout pomocí výměnných ozubených kol, která jsou vložena jako převod mezi pracovní vřeteno a vodící šroub. Výměna ozubených kol pro řezání různých závitů je velmi zdlouhavá. Moderní soustruhy jsou proto vybaveny posuvovým ústrojím. Pomocí tabulky, která je k soustruhu připevněna lze zařadit takový převod, který vyhovuje požadovanému stoupání závitu. Vratný převod umožňuje zapínání a vypínání, a také změnu smyslu otáčení vodícího šroubu, např. pro řezání pravých a levých závitů.

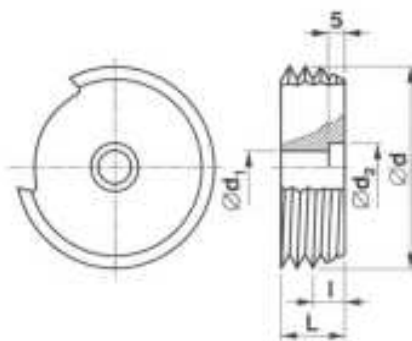


## Závitové nože

Závitové nože jsou nástroje, jejichž tvar břitů musí souhlasit s požadovaným tvarem závitu. Při řezání metrických závitů je nutno dbát na to, aby zaoblení dna závitu bylo pro každé stoupání jiné. Závitový nůz musí mít podle toho odpovídající zaoblení špičky. Přesné závity se řezou přesnými noži, jejichž výrobě musí nářaďovna věnovat náležitou péči. Závitové nože nemají úhel čela, protože by se jím měnil tvar řezaného závitu. Závitové nože hřebínkové mají tu přednost, že obráběcí operace je u nich rozdělena na několik břitů, čímž lze řezání závitu značně urychlit. Závitové nože je nutno přesně ustavit a upnout ve střední poloze. Upne-li se nůz nad středem, nebo pod ním změní se profil závitu. Aby vyříznutý závit nebyl šikmý, používá se k ustavení nože šablona. Měli se nějaký závit vyříznout velmi přesně, použije se k ustavení závitového nože měřicího mikroskopu. Přitom se závitový nůz ustaví podle rysek na destičce, které je vidět v okuláru měřicího mikroskopu.



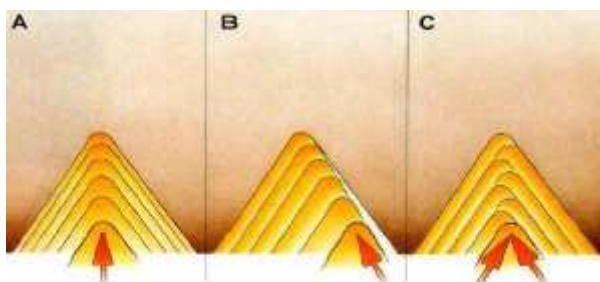
Obrázek 2.6 vnější soustružnické nože, a) kotoučový, b) radiální s vyměnitelnou destičkou a držákem typu U, c) radiální s vyměnitelnou destičkou s držákem typu V, d) s pájenou destičkou ze slinutého karbidu, e) radiální z rychlořezné oceli [3]



Obrázek 2.7 kotoučový hřebínkový nůz [4]

## Řezání závitu na univerzálním soustruhu

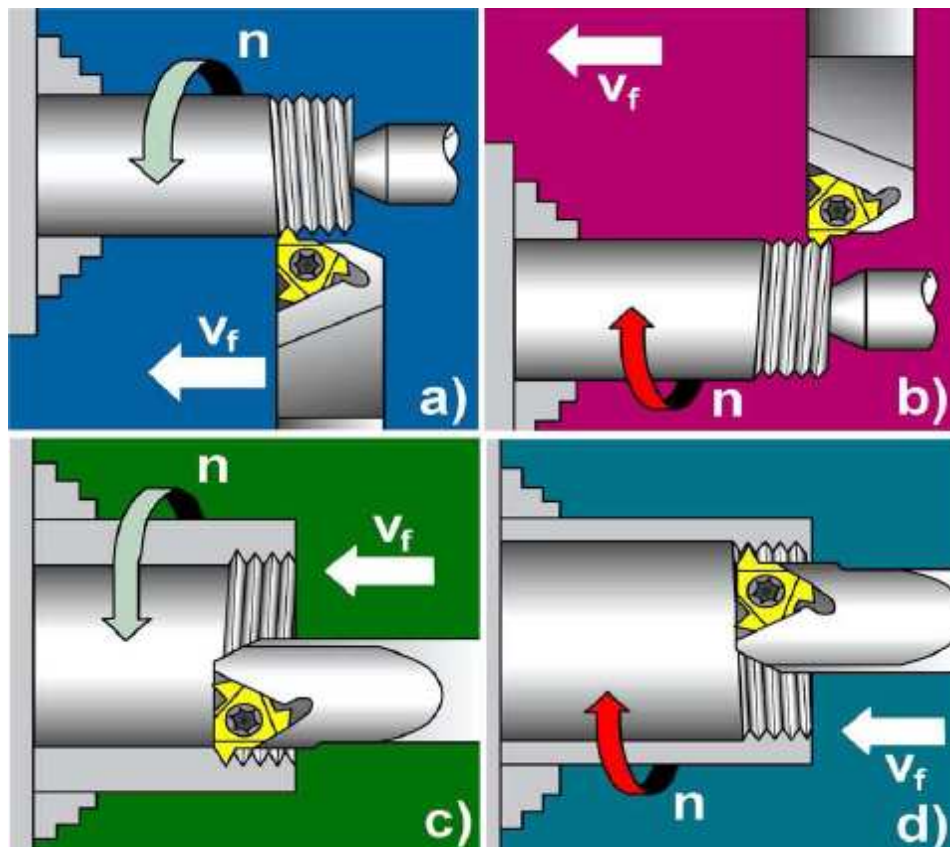
Pro řezání závitů se volí řezná rychlost asi o 2/3 menší než jsou hodnoty platné pro hrubování. Stoupání závitu se nastaví posuvovým ústrojím nebo výměnnými koly. Závit je nutno řezat několika záběry. Při předřezávání závitu se odděluje tlustá tříska. Přitom se závitový nůž přisouvá kolmo i podélně pomocí dělicích kroužků. Při dokončování závitu je nutno přisouvat nůž stále kolmo. Na obou bocích závitu se oddělují tenké třísky, aby měl závit přesné rozměry a hladký povrch. Po každém záběru se závitový nůž vysune z řezu. Nožové saně se musí odsunout zpět do počáteční polohy, potom závitový nůž po přísuvu na hloubku řezu opět zabere do předřezaného závitu.



Obrázek 2.8 způsoby přísuvu nože do záběru [5]

Správného záběru závitového nože dosáhneme nejlépe tím, když necháme saně odjet do výchozí polohy při opačném smyslu otáčení vřetena stroje. Dělená matice přitom zůstává sevřena až do dokončení závitu. Při delších závitech je však tento způsob velmi zdlouhavý. Je-li stoupání vodícího šroubu celým násobkem stoupání řezaného závitu, může se dělená matice na konci řezaného závitu rozevřít a po návratu nožových saní zpět na kterémkoliv místě opět sevřít. Není-li stoupání závitu celým násobkem stoupání závitu vodícího šroubu, musí se poloha pro zapínání dělené matice vyznačit. K tomu slouží často závitový číselník. Při řezání závitů s palcovým stoupáním za pomoci metrického vodícího šroubu a naopak je nutno, aby nožové saně odjížděly zpět vždy se sevřenou dělenou maticí. Právě nebo levé závity se soustruží při opačných při opačných směrech posuvu. Lichoběžníkový závit se soustruží nejprve na hrubo a potom na čisto.

Chlazení a mazání je nutné proto, aby se zmenšilo tření mezi obrobkem a nástrojem. Závitový nůž má pak delší trvanlivost a boky obrobených závitů jsou hladké.



Obrázek 2.9 soustružení závitu a) vnější pravý závit, b) vnější levý závit, c) vnitřní pravý závit, d) vnitřní levý závit [6]

#### Chyby při řezání závitů:

- Nesprávné rozměry závitu způsobené chybným měřením a kontrolou.
- Nesprávné profily závitů, vzniklé chybným ostřením a špatným upnutím závitového nože.
- Nesprávné stoupání závitu, způsobené nesprávně volenými výměnnými koly, nebo nesprávným řazením převodů.
- Hrubé boky závitů způsobené tupým závitovým nožem.

## **Řezání závitu na revolverovém soustruhu**

Na revolverovém soustruhu se řezou závity na větších počtech součástí, a to obvykle spolu s jinými obráběcími operacemi. Používá se při tom těchto nástrojů: závitových čelistí, závitníků, automatických (samootvíracích) řezacích hlav na závity, závitových nožů jednoduchých i hřebínkových. Součásti se upínají ve sklíčidle, řezné nástroje v revolverové hlavě.

- Závitové čelisti a závitníky vyžadují k odsunutí od obrobku změnu smyslu otáčení vřetena.
- Automatické řezací hlavy se i po vyříznutí závitu samočinně otvírají, takže není nutno měnit smysl otáčení vřetena.
- Jednobřité i hřebínkové závitové nože jsou nejčastěji vedeny závitovým pouzdrem a hvězdicí podobně jako je tomu u soustruhu na závity s posuvovým závitořezným zařízením.

## **2.2 Řezání závitu na vrtačce**

Závitník se upíná do sklíčidla a obrobek na stůl vrtačky. Díra pro závit se vrtá a závit se řeže obvykle na jedno upnutí. Je-li posuv ruční, zařezává se závitník svým závitem sám správným posuvem do díry pro závit. Aby se závitník z díry vyšrouboval, je nutno změnit smysl otáčení vřetena. Vrtačky jsou často vybaveny ústrojím pro nucený posuv, např. vodícím pouzdrem, které umožňuje řezat čistý závit přesných rozměrů.



**Obrázek 2.10 řezání závitu na vrtačce**

## 2.3 Řezání závitu na závitořezech

Závitořezů se používá v hromadné výrobě. Řezací hlava na závity je upnuta na hlavním vřetenu, které se může otáčet různými rychlostmi. Obrobek (dřík šroubu) se upne v saních a při řezání závitu je vtahován do řezací hlavy. Na konci závitu se závitořezná hlava automaticky rozevře. Proto není nutná změna smyslu chodu vřetene.



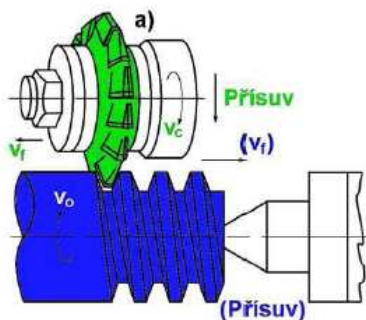
Obrázek 2.11 závitořezná radiální hlava

## 2.4 Frézování závitů

Frézováním lze hospodárně vytvořit všechny potřebné profily závitů kromě závitu plochého. Rozlišujeme frézování dlouhých a krátkých závitů.

### Frézování dlouhých závitů

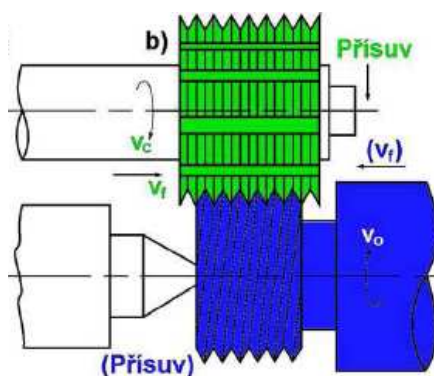
Dlouhé závity se frézují závitovými frézami, jejichž tvar vyhovuje požadovanému profilu závitu. Osa frézy musí být kolmá k šroubovici řezaného závitu. Stoupání závitu vzniká podélným posuvem frézy. Závit se vyfrézuje na jeden nebo na několik záběrů. Frézka na dlouhé závity se podobá soustruhu. Závitová fréza se upíná ve frézovací hlavě, která je stavitelná na požadovaný úhel stoupání. Frézovací hlava je uložena na podélných saních, jejichž podélný posuv je odvozen od vodícího šroubu. Na frézce se mohou řezat závity šroubu i matice (vnější i vnitřní závity).



Obrázek 2.12 frézování dlouhého závitu šroubu kotoučovou frézou [6]

## Frézování krátkých závitů

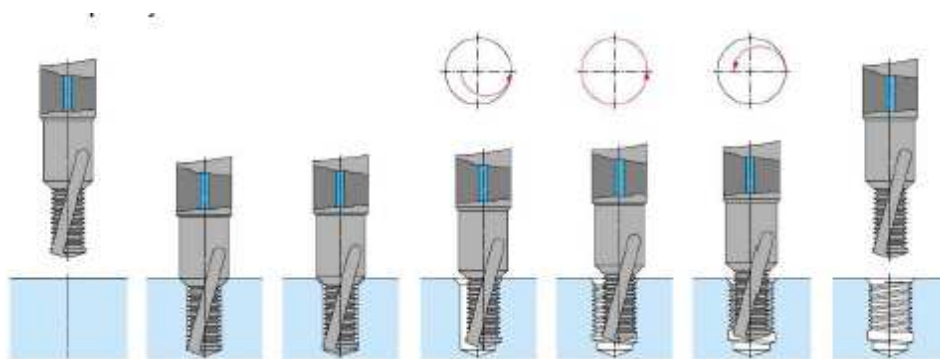
Frézování krátkých závitů trojúhelníkového průřezu na šroubu i matici. Nástrojem je závitová fréza na vnější nebo vnitřní závity. Zubní drážky nemají stoupání a jsou buď přímé, nebo ve šroubovici. Tvar drážek musí odpovídat profilu závitu a jejich vzdálenost stoupání závitu. Fréza se musí volit o něco delší, než řezaný závit, protože se všechny závity frézují najednou. Řezný pohyb koná fréza nastavená šikmo na úhel stoupání. Obrobek vykoná během zhotovení závitu o něco více než jednu otáčku. Během této jedné otáčky se obrobek posune podélně o velikost stoupání závitu. Jsou též frézky na krátké závity, u nichž se fréza posouvá v podélném směru.



Obrázek 2.13 frézování krátkého závitu hřebenovou frézou [6]

## Frézování závitů na CNC frézkách

Všechny CNC frézky, které je možno naprogramovat kruhovou interpolací mohou být použity k frézování závitu. Kruhová interpolace řídí všechny tři osy simultánně. Osy X a Y pohybují obrobkem po kružnici, a současně se osa Z pohybuje přímočaře. Pohyb nástroje z bodu A do bodu B po okraji válce spojuje planetový pohyb v rovině XY s lineárním pohybem podél osy Z. Velikost posuvů X a Y udává průměr závitu, zatímco velikost posuvu osy Z udává stoupání závitu. S výhodou je možné použít sdružených závitových fréz, které vyvrtají díru, srazí hranu a vyřežou závit bez výměny nástroje. Omezení je pouze ve stoupání závitu a možnosti použít kruhové interpolace na CNC obráběcím stroji.



Obrázek 2.14 princip CNC frézování závitu [7]

## 2.5 Okružovací frézování závitů

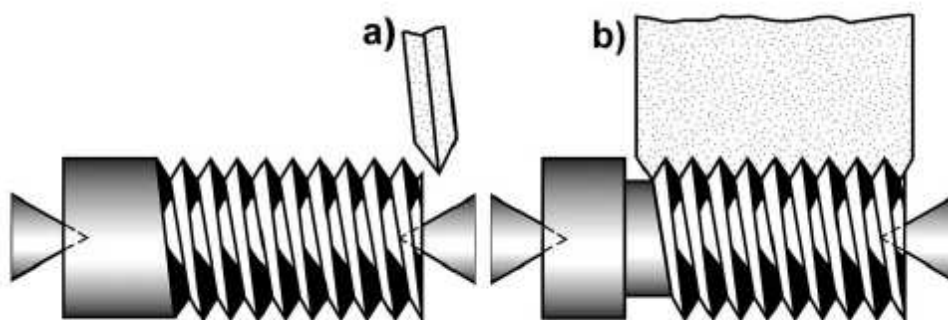
Tímto způsobem se obrábějí metrické, lichoběžníkové a nerovnoramenné lichoběžníkové závity velkou řeznou rychlostí najednou, přesně s velmi dobrou jakostí povrchu a velmi rychle. Frézovací hlava, v níž je upnut závitový nůž s břitovou destičkou ze slinutých karbidů, krouží rychlostí  $300 \text{ m.min}^{-1}$  a vykonává současně posuv. Obrobek se otáčí rychlostí  $0,4 \text{ m.min}^{-1}$  až  $5 \text{ m.min}^{-1}$ . Závitový nůž se setkává s obrobkem, který je uložen výstředně (mimo osu otáčení), vždy na jednom místě a odděluje přitom tenkou třísku, která odpovídá plnému profilu závitu. Používá se také hlav s několika noži. Okružovacím způsobem lze frézovat vnější i vnitřní závity. Okružovací frézování je o 90% rychlejší než normální řezání závitu.



Obrázek 2.15 frézovací hlava [8]

## 2.6 Broušení závitů

Závity lze brousit na nekalených, především však na kalených součástech. Broušením se má dosáhnout závitů vysoké přesnosti a velmi dobré jakosti povrchu např. u závitníků, závitových kalibrových trnů, závitových kroužkových kalibrů, mikrometrických šroubů atd. k broušení se používá jednoprofilových i několikaprofilových brusných kotoučů. Profil kotouče se orovnávacím diamantem, který je v závitové brusce veden zvláštním přípravkem. Řezný pohyb koná brusný kotouč, upnutý v závitové brusce. Obrobek se otáčí menší rychlostí než kotouč a vykonává posuvný pohyb odpovídající stoupání závitu. Závity malým stoupáním se brousí do plného materiálu. Závity s větším stoupáním se řezou nebo frézují nejprve na hrubo.



Obrázek 2.16 broušení závitů a) jednoprofilové, b) několikaprofilové [6]

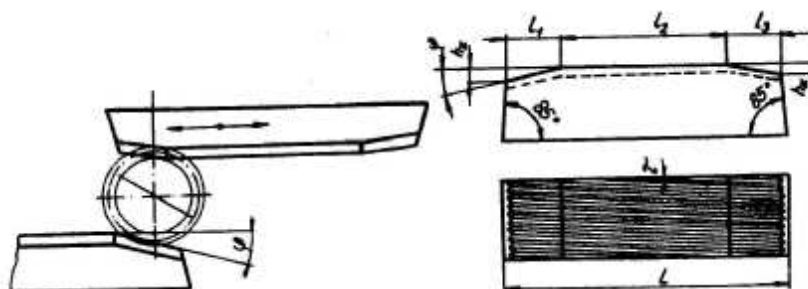
## 2.7 Válcování závitů

Válcování závitů spočívá v tom, že zuby závitového profilu válcovacích nástrojů jsou vtlačovány do povrchu součásti. Materiál součásti, na který působí tlak zubů, se při válcování přemísťuje do rýh válcovacích nástrojů. Protože tento materiál je nestlačitelný, vyplní při přemísťování stejně velký prostor, o jaký vnikly zuby válcovacích nástrojů do materiálu. Je proto nutné připravit závitovanou součást tak, aby se její průměr zhruba rovnal střednímu průměru závitu. Závity se válcují za studena. Proto je podmínkou použití dobrá tvárnost válcovaného materiálu. Čím tvárnější a tažnější je válcovaný materiál, tím snadněji se závit válcuje.



## Válcování plochými čelistmi

Tohoto způsobu válcování závitu se používá hlavně při hromadné výrobě šroubů s malou a středně velkou přesností závitů. Válcovacími nástroji jsou dvě ploché válcovací čelisti. Kratší čelist je pevná, delší čelist je posuvná. V obou čelistech jsou vytvořeny rýhy závitového profilu, které jsou skloněny pod úhlem stoupání šroubovice. Činné části čelistí jsou upraveny na náběhovou část, která je určena k vložení a válcování, kalibrovací část, která slouží k vyhlazení závitu, a uvolňovací část, kde dochází k uvolnění šroubu.



Obrázek 2.17 ploché válcovací čelisti [9]

## Válcování závitu dvěma kotouči

Při tomto způsobu válcování závitu je šroub uložen na podpěrném pravítku, nebo upnut mezi hroty. Otáčející kotouče se postupně k sobě přibližují a vnikají do povrchu válcované součásti. Tímto způsobem se závity válcují na speciálních dvoukotoučových válcovačkách.



Obrázek 2.18 válcování dvěma kotouči [10]

## Válcování závitu třemi kotouči

Válcovat závity třemi kotouči lze nejen na speciálních válcovačkách, ale i na strojích s hlavním kruhovým pohybem. Výhoda tohoto způsobu válcování závitu je v tom, že válcovací kotouče samy středí součást a že není potřeba opěrné pravítka. Základní částí tříkotoučové válcovačky na závity je tříkotoučová válcovací hlavice. V hlavici jsou otočně uloženy tři radiálně přestavitelné válcovací kotouče. Při válcování závitu na soustruhu je válcovací hlavice upevněna v nožové hlavě, nebo v hrotové objímce koníku a posouvá se. Válcovaná součást je upnuta ve sklíčidle a otáčí se.



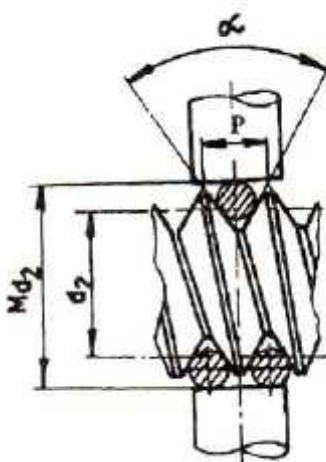
Obrázek 2.19 válcování na soustruhu [10]

## 3 Měření a kontrola závitů

U závitů je nutno přihlížet k pěti určovacím hodnotám. A to k velkému a malému průměru šroubu (matice), k střednímu průměru závitu, dále ke stoupání závitu a vrcholovému úhlu, popř. profilu závitu. Zvláštní význam pro lícování má střední průměr závitu, stoupání závitu a vrcholový úhel. Při měření jde zejména o číselné stanovení rozměru. Kontrolou např. pevnými měřidly (kalibry) se zjišťuje především vyměnitelnost součástí. Měření závitu je obtížné, protože určovací hodnoty jsou navzájem na sobě závislé.

Velký a malý průměr šroubu (matice) lze měřit, popř. zkontrolovat posuvným měřítkem, mikrometrem, závitovým kalibrem a třmenovým kalibrem. Při měření malého průměru šroubu pomocnými rameny posuvného měřítka se může dosáhnout chybného výsledku, protože protilehlé závity jsou navzájem přesazeny o polovinu stoupání závitu.

Střední průměr závitu lze měřit závitovými mikrometry pro vnější a vnitřní závit. Pro měření v dílně se hodí závitové mikrometry s dvěma měřicími tělísky (dotyky), z nichž jeden má tvar třmenu a druhý tvar kužele. Měřicí dotyky jsou výměnné a pro každé stoupání mají určitou velikost. Před měřením se měřicí dotyky zasadí do příslušných děr mikrometru. K přesnému měření středního průměru závitu se často používá měřících drátků, které jsou upevněny v držácích. Držáky se upnou na pevném dotyku a šroubu mikrometru. Střední průměr závitu příslušný ke kontrolnímu rozměru se najde v tabulkách. K měření je potřeba vždy tří drátků, jejichž průměr musí odpovídat stoupání závitu.



Obrázek 3.1 princip měření přes drátky [11]

Porovnávacími měřidly, např. číselníkovým úchylkoměrem lze přesně stanovit úchylku středního průměru závitu od předepsaného rozměru. Před měřením je nutné přístroje nastavit podle vzorového kusu, např. závitového kroužkového kalibru nebo závitového kalibrového trnu. Jednoduchá kontrola je možná také hmatadlem s kuličkovými dotyky, nastaveným podle vzorového kusu.

Stoupání závitu lze též stanovit spočítáním závitů. U metrického závitu se měří vzdálenost několika závitů pomocnými rameny posuvného měřítka. Pro výpočet stoupání se naměřená hodnota dělí počtem závitů. Jednodušší je používání závitových šablon, jejichž větší počet je spojen do svazku. Závitové šablony se přikládají na kontrolovaný závit. Podle průsvitu lze dobře stanovit odchylky od správného stoupání závitu. S tím lze zároveň spojit i kontrolu profilu závitu, např. vrcholového úhlu, zaoblení. Pro přesné měření stoupání závitu se často používá základních měrek s měřicími hroty na stoupání.

Vrcholový úhel a profil závitu se kontroluje závitovými šablonami v jednoduchých případech. K přesné kontrole je potřeba dílenského mikroskopu. Na skleněné destičce mikroskopu jsou velmi přesně vyryty obvyklé profily závitů. Jednotlivé obrazy profilů se mohou natočit postupně do zorného pole mikroskopu. Přitom se zkouší, jestli se stínový obraz měřeného profilu na obrobku kryje s příslušným vyrytým profilem. Třicetinasobným zvětšením lze snadno rozpoznat každou odchylku.

Nejpřesnější závity, např. na závitových kalibrech se měří univerzálním měřícím mikroskopem. Kromě kontroly podle stínového obrazu se mohou přesně měřit i ostatní určovací veličiny závitu. Mikroskop je velmi citlivý, a proto ho lze používat jen ve zvláštní místnosti pro měření.

### **3.1 Kontrola závitu kalibry**

V hromadné výrobě závitových součástí by bylo neekonomické, kdyby se měřila každá jednotlivá určovací hodnota zvlášť, protože by měření mohlo být podle okolností i dražší než výrobek sám. Proto se používá závitových kalibrů, kterými lze kontrolovat všechny rozměry závitu najednou.

Mezních závitových kalibrů se používá pro rychlou dokonalou kontrolu všech rozměrů závitu. Tyto kalibry mají jako všechny mezní kalibry dobrou stranu a zmetkovou stranu. Závity matice se kontrolují mezními závitovými trny. Dobrá strana kalibru se musí dát snadno zašroubovat. Krátká zmetková strana má 2-3 závity, jejichž velký a malý průměr nejsou zcela přesné. Zmetkovou stranou se kontroluje jen střední průměr závitu a kalibr se nesmí zašroubovat. Závity šroubu lze kontrolovat pomocí mezního závitového třmenového kalibru s měřícími válečky. Dobrá a zmetková strana jsou uspořádány za sebou v třmenu. Dobrou stranu tvoří dvojice válečků, která je opatřena celým profilem závitu. Dobrá strana musí vlastní vahou projít přes závit obrobku. Zmetkovou stranu tvoří zadní dvojice válečků, které mají závity se zkrácenými boky, takže se jimi může kontrolovat jen střední průměr závitu. Vzdálenost válečků zmetkové strany je se zřetelem na střední průměr závitu o hodnotu dovolené úchytky menší než vzdálenost měřících válečků dobré strany. Zmetková strana se nesmí dát přesunout přes závity obrobku. Měřící válečky jsou stavitelné a nastavují se pomoci porovnávacích kalibrů.

## **4 Stávající technologie výroby závitu**

### **4.1 Údaje o firmě**

Firma DRASTY byla založena roku 1993 se zaměřením na zámečnickou výrobu. Postupem času se specializovala na výrobu filtračních systémů pro průmyslové použití z kovových tkanin. Převážná většina výroby je zaměřena na stříhání kruhových přístřihů, výrobu válcových filtrů i speciálních filtrů dle přání zákazníka. Výrobky nachází uplatnění v mnoha oborech. Zejména v automobilovém, potravinářském, chemickém a gumárenském a také ve stavebnictví.

Na výrobě se podílí 15 stálých zaměstnanců.

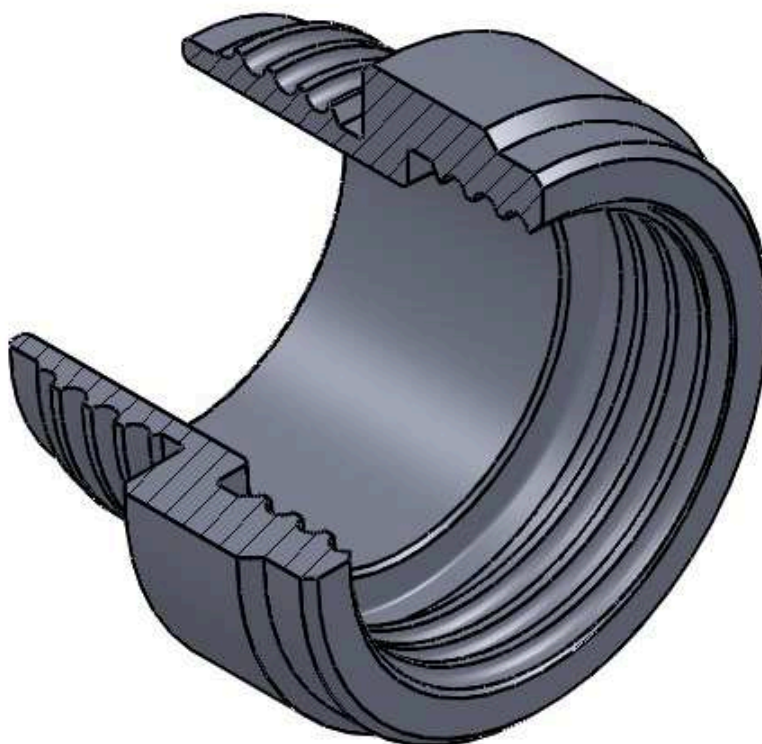
#### **Strojní vybavení**

- Výstředníkové lisy 25t, 40t
- Ohraňovací lis 50t
- Strojní nůžky do tloušťky 2mm a 4mm
- Soustruhy SU 40, SU 50
- Frézka FA4AV
- Vrtáčky V20, V 32
- Pásová pila AGP 240

## 4.2 Popis součásti

Jedná se o poměrně jednoduchou součást ve tvaru osazeného válce s vnitřním a vnějším závitem podobným rádiusovému závitu, ale bez zaoblení vrcholu závitu.

- Materiál ocel ČSN 1,4301.
- Rozměr polotovaru: Ø120mm x 84mm
- Konečné hlavní rozměry součásti: Ø110mm x 80mm
- Závít: zvláštního profilu s tupým vrcholem závitu a zaobleným dnem



Obrázek 4.1 těleso filtru

### 4.3 Materiál součásti

Součást je obráběna z korozivzdorného materiálu s označením ČSN 1,4301 jedná se o chromniklovou austenitickou ocel nestabilizovanou. Není magnetická ani nelze kalit.

#### Legování

- Cr 17 – 19,5%
- Ni 8 – 10,5%
- C < 0,07%

#### Mechanické vlastnosti

- Pevnost v tahu  $R_m$  520 – 720 N.mm<sup>-2</sup>
- Mez průtažnosti (kluzu)  $R_{p\ 0,2}$  min. 210 N.mm<sup>-2</sup>
- Tažnost A80mm min. 45%
- Žíhací teplota 1000 – 1100°C chlazení vodou, intenzivně vzduchem

Má sklon ke zpevňování za studena při tažení, nebo při třískovém obrábění nevhodnými řeznými podmínkami. Zpevnění vzniká přetvořením austenitu na deformační martenzit, který zvýší pevnost, sníží tažnost a způsobí magnetovatelnou (tažené profily, za studena válcované plechy od tl. 4 mm). U profilů s větší plochou průřezu (tyče od Ø80 mm, plechy od tl. 15 mm) se může vyskytovat magnetovatelnou v oblasti jádra profilu. Je způsobena zbytkovým martenzitem z vysokých teplot při výrobě. Deformační i zbytkový martenzit lze odstranit žíháním. Tyto změny struktury nemají vliv na korozní odolnost materiálu a svařitelnost. [16]

#### Odolnost

Ocel je odolná proti korozi v prostředí vody, slabých alkálií, slabých kyselin, průmyslové a velkoměstské atmosféře. Je náchylná k mezikrystalové korozi v oblasti tepelného ovlivnění u svarů.

## **Technologie zpracování**

Ocel je svařitelná, ale v oblasti svaru náchylná k mezikrystalové korozi. U průvarů nad 5 mm je nutno žíhat svařenec. Zpracovává se stříháním, ohýbáním, tažením. Třísková obrobiteľnost je dobrá.

## **Užití**

Běžné produkty k obecnému použití (gastronomická zařízení, vnější konstrukce, vodárny a zařízení ČOV) mimo svařovaných konstrukcí s provařením nad 5 mm průvaru. U takových konstrukcí je po svaření nutné žíhání s následným tryskáním a mořením. Chemické složení vyhovuje normě pro použití výrobků pro potraviny a pitnou vodu. Maximální teplota při použití je 450°.

### **4.4 Obrábění korozivzdorných ocelí**

Austenitické korozivzdorné oceli se řadí mezi těžkoobrobiteľné materiály. Při obrábění většiny korozivzdorných austenitických ocelí je používají oblasti nízkých, nebo vysokých řezných rychlostí. Mezi těmito oblastmi ( $V_c$  50-90 a 170-400m.min<sup>-1</sup>) leží oblast, ve které dochází ke vzniku nárůstku na břitu nástroje. Nárůstky se tvoří v důsledku sekundárních plastických deformací.

Obecně platí, že čím více legujících prvků korozivzdorná ocel obsahuje, tím je obrábění náročnější a tím větší vznikají náklady. Požadavky na vlastnosti materiálu, např. odolnost proti korozi, omezují v určité míře možnost přidávat do oceli dostatečné množství přísad, které zlepšují obrobiteľnost např. síra. Síra tvoří ve spojení s manganem sulfid manganu, který příznivě ovlivňuje obrobiteľnost. Především v lámavosti na drobné třísky, a menší opotřebení nástroje.

Typickou vlastností korozivzdorných ocelí je sklon k deformačnímu zpevnění při obrábění, sklon k tvorbě nárůstku, houževnaté chování a nízká tepelná vodivost. Z toho plynou vysoké řezné síly a dlouhé třísky.



## 4.5 Výroba součástí

Firma Drasty plánuje výrobu 600 ks těchto součástí ročně. K výrobě se v současnosti používá univerzální soustruh SU 50, na kterém se provádí všechny obráběcí operace. Po obrábění se součást pouze ručně odjehluje a poté odkládá do palet.

### Univerzální soustruh SU 50

Stroj je určen k přesnému soustružení obrobků střední velikosti v kusové a malosériové výrobě. Dovoluje plné využití nástrojů se slinutými karbidy a umožňuje řezání závitů všech druhů ve velkém rozsahu stoupání.

Pracovní vřeteno je uloženo v přesných valivých ložiskách. Je poháněno dvěma elektromotory přes unášecí spojku, takže není namáháno ohybem. Sériovým a paralelním zapínáním dvou elektromotorů nevznikají při rozběhu škodlivé rázy do sítě. Spouštění, zastavování a reverzace chodu pracovního vřetena se provádí pákou, která ovládá elektrické spínače. Část rozsahu otáček lze řadit na suportové skříní, zbytek pákou na vřeteníku. Volba směru posuvu a rychlého pohybu suportu se provádí jedinou souslednou pákou. Rychlý pohyb suportu je odvozen od samostatného elektromotoru, který se zapíná tlačítkem na suportové skříní. Narážkový systém umožňuje nastavení rozměru obrobku. Uspořádání podélných a příčných nárazek na otočném bubínku dovoluje soustružení složitých obrobků s odstupňovanými délkami a průměry osazení. Otočná nožová hlava je v nastavené poloze jištěna bez možnosti vzniku vůle. [12]

#### Technické údaje:

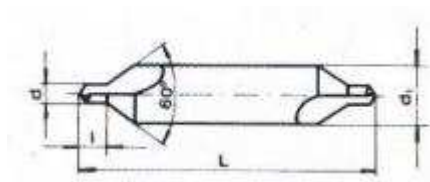
- Oběžný průměr nad ložem 500mm
- Oběžný průměr nad suportem 250mm
- Vzdálenost hrotů 1000mm
- Vrtání vřetena 56mm
- Průměr sklíčidla 315mm
- Posuvová síla 15700N
- Největší průřez nože 32x32mm
- Otáčky vřetena 11-1400 min<sup>-1</sup> ve 22 stupních
- Podélné posuvy 0,03-3,8mm
- Příčné posuvy 0,015-1,9mm

- Vodící šroub průměr 50mm o stoupání 12mm
- Elektromotor pro pohon vřeteníku 11 kW
- Elektromotor rychloposuvu 0,55 kW
- Rozměry stroje, šířka 1180mm, délka 3400mm
- Hmotnost stroje 2950 kg

## Nástroje

### Středící vrták

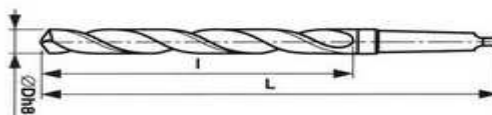
- Průměr 4mm tvar A
- Se šroubovitými drážkami
- Pravořezný
- Vybrušovaný úhel zahloubení 60°



Obrázek 4.2 středící vrták [13]

### Šroubový vrták

- Vrták s kuželovou stopkou ČSN 221140
- Stopka Morse 5
- Průměr vrtáku 65mm
- Materiál vrtáku HSS



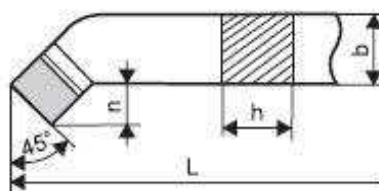
Obrázek 4.3 spirálový vrták HSS [14]

## Soustružnické nože

Soustružnické nože jsou většinou průřezu 25x25mm. břitová destička ze slinutého karbidu M 20 je pájena. Slinutý karbid M 20 je vhodný k obrábění oceli, ocelolitiny, austenitických ocelí, temperované litiny a žáruvzdorných slitin. Pro hrubování a soustružení na čisto. Je vhodný pro střední průřezy třísek a pro plynulý a mírně přerušovaný řez.

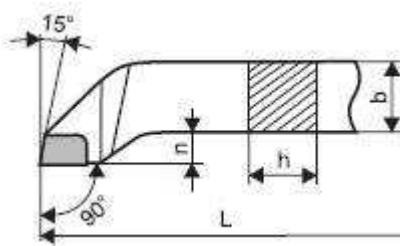
### Tvary použitých nožů

- Pravý ubírací nůž ohnutý SK 3713 25x25 M20



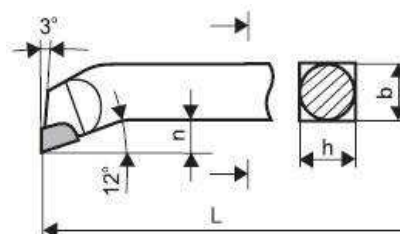
Obrázek 4.4 pravý ubírací nůž [15]

- Pravý ubírací nůž stranový SK 3717 25x25 M20



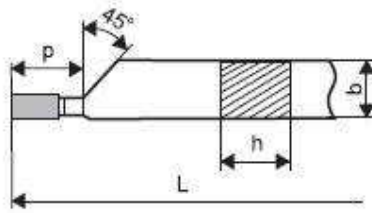
Obrázek 4.5 ubírací nůž stranový [15]

- Vnitřní rohový nůž SK 3726 20x20 M20



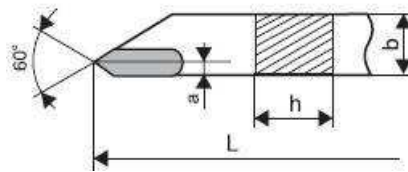
Obrázek 4.6 vnitřní rohový nůž [15]

- Zapichovací nůž SK 3731 32x20 M20



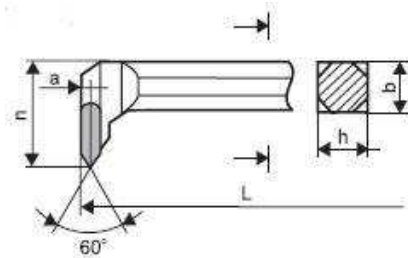
Obrázek 4.7 zapichovací nůž [15]

- Vnější závitový nůž SK 3770 32x20 M20



Obrázek 4.8 vnější závitový nůž [15]

- Vnitřní závitový nůž SK 3773 20x20 M20



Obrázek 4.9 vnitřní závitový nůž [15]

## 4.6 Výpis postupu obrábění

Tab. 1 postup výroby prvního úseku

| úsek | popis  | nástroj    | $V_c$<br>[m.min <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[min <sup>-1</sup> ] | $f$<br>[mm] | $t_0$<br>[min] |
|------|--|------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 1    | Upnout do sklíčidla                            |            |                                 |                             |             | 1,5            |
| 2    | Zarovnat čelo                                  | SK 3713    | 69                              | 180                         | 0,2         | 1,5            |
| 3    | Vrtat středící důlek A2                        | Stř. vrták | 18                              | 950                         |             | 2              |
| 4    | Vrtat průchozí díru Ø65                        | vrták      | 18                              | 80                          |             | 9              |
| 5    | Soustružit nahrubo Ø120 na Ø112 v délce 50     | SK 3717    | 69                              | 180                         | 0,3         | 2,5            |
| 6    | Soustružit načisto Ø112 na Ø110 v délce 50     | SK 3717    | 63                              | 180                         | 0,15        | 1,5            |
| 7    | Soustružit načisto Ø110 na Ø104 v délce 10     | SK 3713    | 63                              | 180                         | 0,15        | 0,5            |
| 8    | Soustružit načisto Ø65 na Ø70 přes celou délku | SK 3726    | 62                              | 280                         | 0,15        | 2,9            |
| 9    | Soustružit nahrubo Ø70 na Ø78 v délce 29       | SK 3726    | 69                              | 280                         | 0,3         | 1,7            |
| 10   | Soustružit načisto Ø78 na Ø80 v délce 29       | SK 3726    | 69                              | 280                         | 0,15        | 0,8            |
| 11   | Soustružit zápich Ø85 v délce 7                | SK 3772    | 69                              | 280                         | 0,15        | 0,6            |
| 12   | Zarovnat čelo v délce 30                       | SK 3726    | 69                              | 280                         | 0,2         | 0,6            |
| 13   | Srazit hranu 1x45° na Ø70                      | SK 3726    | 63                              | 280                         |             | 0,2            |
| 14   | Srazit hranu 3x45° na Ø80,5                    | SK 3726    | 69                              | 280                         |             | 0,2            |
| 15   | Srazit hranu 2x45° na Ø104                     | SK 3726    | 91                              | 280                         |             | 0,3            |
| 16   | Soustružit závit Ø84 v délce 23                | SK 3773    | 15                              | 56                          |             | 12             |
| 17   | Vyjmout a odložit                              |            |                                 |                             |             |                |

**Tab. 2 postup výroby druhého úseku**

| úsek | popis  | nástroj | $V_c$<br>[m.min <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[min <sup>-1</sup> ] | $f$<br>[mm] | $t_o$<br>[min] |
|------|--|---------|---------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 1    | Upnout za Ø110                               |         |                                 |                             |             | 1,5            |
| 2    | Zarovnat čelo na délku 80                    | SK 3713 | 69                              | 180                         | 0,2         | 1,5            |
| 3    | Soustružit nahrubo Ø120 na Ø87<br>v délce 39 | SK 3717 | 69                              | 180                         | 0,3         | 4,5            |
| 4    | Soustružit načisto Ø87 na Ø85<br>v délce 39  | SK 3717 | 62                              | 225                         | 0,15        | 1              |
| 5    | Soustružit zápich Ø79 v délce 7              | SK 3731 | 69                              | 280                         | 0,15        | 0,6            |
| 6    | Zarovnat čelo v délce 40                     | SK 3717 | 62                              | 180                         | 0,2         | 0,6            |
| 7    | Soustružit načisto Ø85 na Ø79<br>v délce 10  | SK 3713 | 60                              | 225                         | 0,15        | 0,7            |
| 8    | Srazit hranu 1x45° na Ø70                    | SK 3716 | 50                              | 225                         |             | 0,5            |
| 9    | Srazit hranu 1x45° na Ø79                    | SK 3713 | 56                              | 225                         |             | 0,5            |
| 10   | Srazit hranu 2x45° na Ø110                   | SK 3713 | 77                              | 225                         |             | 0,5            |
| 11   | Soustružit závit Ø64 v délce 23              | SK 3770 | 14                              | 56                          |             | 12             |
| 12   | Vymout a odložit                             |         |                                 |                             |             |                |

Čas výroby jednoho kusu  $t_o = 56,5$  min.

## 5 Návrh nové technologie výroby součástí

Protože k výrobě tělesa filtru je dosud používáno zastaralých nástrojů, kdy při opotřebení břitu je potřeba vymout celý nástroj a po naostření je nutné znovu stroj seřídít. Bude k celkovému zefektivnění výroby použito moderních soustružnických nožů s vyměnitelnou břitovou destičkou. Další důvod výměny nástrojů je celková optimalizace řezného procesu. Podle dosavadních kladných zkušeností s jádrovým vrtáním bude také nahrazen spirálový vrták jádrovým vrtákem.

## 5.1 Volba nástrojů

### Jádrový vrták

- Ø65mm maximální hloubka vrtání 50 mm, proto je nutné otvor vrtat ze dvou stran.
- Materiál HSSco
- Upínací systém Weldon Ø19 mm



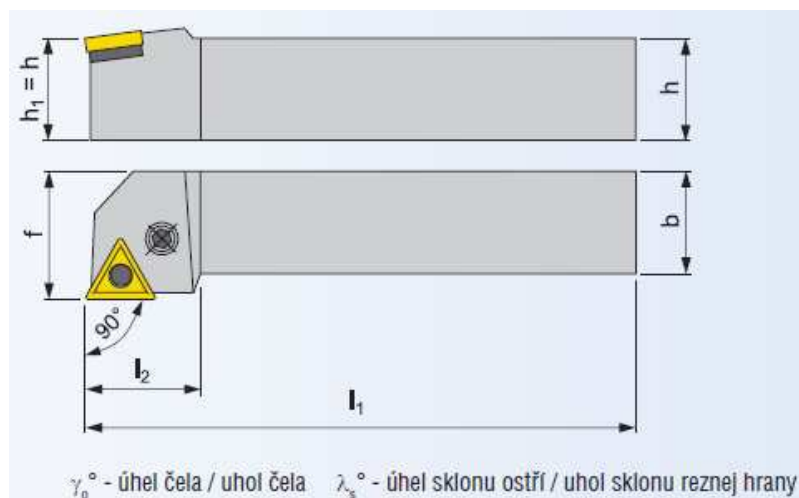
5.1 jádrový vrták [16]

Jádrové vrtání je rychlejší, tišší a přesnější, než plné vrtání. Pomocí jádrového vrtáku lze vrtat velké průměry a tloušťky materiálů při výrazně nižším potřebném výkonu a v kratší době. Protože odpadá předvrtání je při jádrovém vrtání přibližně o 40% kratší čas potřebný k vyvrtání otvoru.

#### Výhody jádrového vrtání

- Menší plocha obrábění a tím menší energetická náročnost
- Není nutné středění ani předvrtávání otvoru
- Je možné vrtat s překrytím

## Nůž pro vnější soustružení



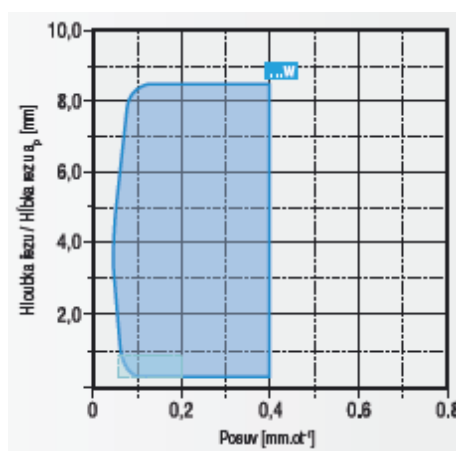
### 5.2 nůž pro vnější soustružení PTGNR 2525 M16 [17]

Tab. 3 Rozměry nástroje [17]

| $h=h_1$<br>[mm] | $b$<br>[mm] | $f$<br>[mm] | $l_f$<br>[mm] | $l_{2max}$<br>[mm] | $\lambda_s$<br>[°] | $\gamma_0$<br>[°] | Hmotnost<br>[kg] |
|-----------------|-------------|-------------|---------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| 25              | 25          | 32          | 150           | 32                 | -6                 | -6                | 0,65             |

### Doporučené břitové destičky TNMM 1604

Břítová destička ze slinutého karbidu 6630 s tenkým povlakem s nosnou vrstvou TiCN nanesenou metodou MTCVD. Je určena pro dokončovací až hrubovací soustružení ocelí a korozivzdorných ocelí pro nepřerušovaný i přerušovaný řez.



5.3 graf funkčních podmínek [17]



## Řezné parametry

Tab. 4 doporučené řezné parametry [17]

|   |           |
|---|-----------|
| Řezná rychlost - $V_{c15}$ [m.min <sup>-1</sup> ] | 165       |
| Posuv – $f$ [mm]                                  | 0,1 – 0,4 |
| Šířka záběru – $a_p$ [mm]                         | 0,4 – 8,4 |

Z katalogu firmy Pramet jsem vybral doporučené řezné parametry pro břitové destičky a obráběný materiál. Velikost řezné rychlosti je však nutné upravit korekčními součiniteli.

- $V_c$  – startovní řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]
- $V_{c15}$  – doporučená řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]
- $K_{vx}$  – koeficient stavu stroje
- $K_{vt}$  – korekce trvanlivosti

$$v_c = v_{c15} \cdot K_{vx} \cdot K_{vt} \quad (1)$$

$$v_c = 165 \cdot 0,85 \cdot 0,84$$

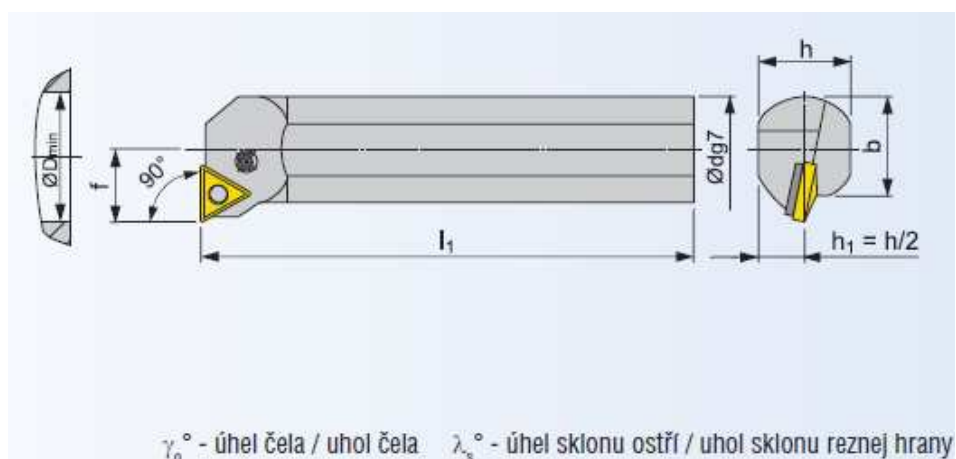
$$v_c = 118 \text{ m.min}^{-1}$$

Řezné parametry jsem zvolil:

Tab. 5 řezné parametry

|   |     |
|---|-----|
| Řezná rychlost - $V_c$ [m.min <sup>-1</sup> ] | 118 |
| Posuv – $f$ [mm]                              | 0,3 |
| Šířka záběru – $a_p$ [mm]                     | 3,5 |

## Nůž pro vnitřní soustružení A25R-PTFNR 16



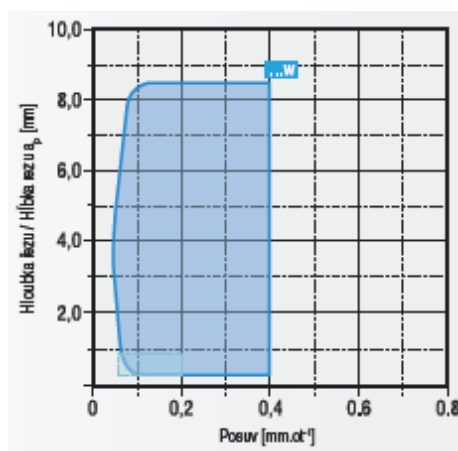
### 5.4 nůž pro vnitřní soustružení A25R-PTFNR 16 [17]

Tab. 6 Rozměry nástroje [17]

| dg7<br>[mm] | f<br>[mm] | l <sub>f</sub><br>[mm] | h<br>[mm] | b<br>[mm] | D <sub>min</sub><br>[mm] | λ <sub>s</sub><br>[°] | γ <sub>0</sub><br>[°] | Hmotnost<br>[kg] |
|-------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| 32          | 22        | 250                    | 30        | 30        | 40                       | -12                   | -6                    | 1,4              |

### Doporučené břitové destičky TNMM 1604

Břítová destička ze slinutého karbidu 6630 s tenkým povlakem s nosnou vrstvou TiCN nanesenou metodou MTCVD. Je určena pro dokončovací až hrubovací soustružení ocelí a korozivzdorných ocelí pro nepřerušovaný i přerušovaný řez.



### 5.5 graf funkčních podmínek [17]

## Řezné parametry

Tab. 7 doporučené řezné parametry [17]

|   |           |
|---|-----------|
| Řezná rychlost - $V_{c15}$ [m.min <sup>-1</sup> ] | 165       |
| Posuv – $f$ [mm]                                  | 0,1 – 0,4 |
| Šířka záběru – $a_p$ [mm]                         | 0,4 – 8,4 |

Z katalogu firmy Pramet jsem vybral doporučené řezné parametry pro břitové destičky a obráběný materiál. Velikost řezné rychlosti je však nutné upravit korekčními součiniteli.

- $V_c$  – startovní řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]
- $V_{c15}$  – doporučená řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]
- $K_{vx}$  – koeficient stavu stroje
- $K_{vt}$  – korekce trvanlivosti
- $K_{vs}$  – korekce vnitřního soustružení

$$v_c = v_{c15} \cdot K_{vx} \cdot K_{vt} \cdot K_{vs} \quad (2)$$

$$v_c = 165 \cdot 0,85 \cdot 0,84 \cdot 0,8$$

$$v_c = 95 \text{ m.min}^{-1}$$

Řezné parametry jsem zvolil:

Tab. 8 řezné parametry

|   |     |
|---|-----|
| Řezná rychlost - $V_c$ [m.min <sup>-1</sup> ] | 95  |
| Posuv – $f$ [mm]                              | 0,2 |
| Šířka záběru – $a_p$ [mm]                     | 3,5 |

## 6 Návrh technologie frézování závitu

### 6.1 Frézka FA4AV

K frézování závitu jsem zvolil svislou frézku **FA4AV** Jako příslušenství k frézování závitu bude použit kruhový otočný stůl se strojním ovládáním **SM400**, který je strojně poháněn hřídelí z posuvové skříně.

Frézka je určena k frézování středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě. Rozsah otáček a posuvů dovoluje hospodárné obrábění všech materiálů běžných druhů při plném využití nástrojů z rychlořezné oceli i nástrojů se slinutými karbidy. Tuhost stroje umožňuje dosáhnout vysoké jakosti povrchu i při těžkých řezných podmínkách. Otáčky vřetena se řadí jedinou otočnou pákou. Pracovní stůl má ruční i strojní pracovní posuvy i rychloposuvy ve všech směrech. Posuvové ústrojí je poháněno samostatným elektromotorem. Vypínání strojních posuvů je řízeno elektricky pomoví nastavitelných nárazek. Na stroji je zařízení k strojnímu pohonu otočného kruhového stolu, univerzálního dělicího přístroje a přístroje pro podélné dělení. [12]

#### Technické údaje

- Vnější rozměry pracovního stolu 350x1350 mm
- Upínací drážky stolu 3x18 mm
- Největší hmotnost obrobku 350 kg
- Kužel vřetena ISO 50
- Natočení vřeteníku na obě strany 45°
- Vzdálenost osy vřetena od osy stojanu 350 mm
- Otáčky vřetena 12 stupňů v rozsahu 32-2000 min-1
- Podélný pohyb stolu 890 mm
- Příčný pohyb stolu 355 mm
- Svislý pohyb stolu 425 mm
- Posuvy 13 stupňů v rozsahu 14-1250 mm.min-1
- Rychloposuv 2800 mm.min-1
- Elektromotor pro pohon vřetena 7,5 kW
- Elektromotor pro pohon posuvů 1,1 kW
- Hmotnost stroje 2750 kg

## 6.2 Tvarová kotoučová fréza

K obrábění závitu jsem zvolil rádiusovou kotoučovou frézu s břitovými destičkami ze slinutých karbidů.



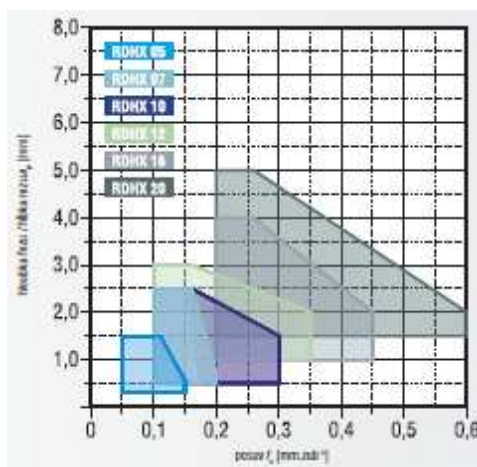
6.1 kotoučová fréza [18]

Tab. 9 rozměry nástroje [18]

| D    | d    | r    | Počet<br>zubů | Hmotnost |
|------|------|------|---------------|----------|
| [mm] | [mm] | [mm] |               | [kg]     |
| 60   | 20   | 2,5  | 6             | 0,55     |

### Doporučené břitové destičky RDHX 0501 MOE

Břitová destička ze slinutého karbidu 7040 s tenkým povlakem s nosnou vrstvou TiCN nanesenou metodou MTCVD. Je určena pro dokončovací až hrubovací frézování ocelí a korozivzdorných ocelí.



6.2 graf funkčních podmínek [17]

### 6.3 Řezné parametry

Tab. 10 doporučené řezné parametry [17]

|   |            |
|---|------------|
| Řezná rychlost - $V_{c15}$ [m.min <sup>-1</sup> ] | 115        |
| Posuv na zub – $f_z$ [mm]                         | 0,5 – 0,15 |
| Hloubka záběru – $a_p$ [mm]                       | 0,5 – 3,5  |

Z katalogu firmy Pramet jsem vybral doporučené řezné parametry pro břitové destičky. Velikost řezné rychlosti je však nutné upravit korekčními součiniteli.

- $V_c$  – startovní řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]
- $V_{15}$  – doporučená řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]
- $K_{vx}$  – koeficient stavu stroje
- $K_{vt}$  – korekce trvanlivosti

$$v_c = v_{15} \cdot K_{vx} \cdot K_{vt} \quad (3)$$

$$v_c = 115 \cdot 0,85 \cdot 0,84$$

$$v_c = 82 \text{ m.min}^{-1}$$

Řezné parametry jsem zvolil:

Tab. 11 řezné parametry

|   |     |
|---|-----|
| Řezná rychlost - $V_c$ [m.min <sup>-1</sup> ] | 82  |
| Posuv na zub – $f_z$ [mm]                     | 0,6 |
| Hloubka záběru – $a_p$ [mm]                   | 2,5 |

## 6.4 Výpočet úhlu stoupání závitu

$D$  – průměr závitu [mm]

$S$  – stoupání závitu [mm]

$$\tan \alpha = \frac{S}{\pi \cdot D} \quad (4)$$

$$\tan \alpha = \frac{7}{\pi \cdot 85}$$

$$\tan \alpha = 0,0262$$

$$\alpha = 1,5^\circ$$

Frézovací vřeteno je nutné naklonit pod úhlem  $1,5^\circ$ .

## 6.5 Výpočet převodu otočného stolu

$i$  – převod pohonu otočného stolu

$i_{os}$  – převod otočného stolu

$i_p$  – převod svislého posuvu

$S_1$  – stoupání obráběného závitu [mm]

$S_2$  – stoupání šroubu svislého posuvu [mm]

$$i = \frac{S_1}{\frac{S_2 \cdot i_{os}}{i_p}} \quad (5)$$

$$i = \frac{7}{\frac{2,40}{3}}$$

$$i = 3,8$$

Aby se dosáhlo potřebného stoupání závitu, je nutné vložit mezi vývod z posuvové skříně a vývod pohonu otočného stolu převod s poměrem  $i=3,8$ .

## 6.6 Úprava výrobního postupu

Tab. 12 upravený výrobní postup první úsek

| úsek | popis   | nástroj          | $V_c$<br>[m.min <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[min <sup>-1</sup> ] | $f$<br>[mm] | $t_o$<br>[min] |
|------|---|------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 1    | Upnout do sklíčidla                               |                  |                                 |                             |             | 1,5            |
| 2    | Zarovnat čelo                                     | SK 3713          | 69                              | 180                         | 0,2         | 1,5            |
|      | Vrtat středící důlek A2                           | Stř. vrták       | 18                              | 950                         |             | 2              |
| 3    | Vrtat průchozí díru Ø65                           | jádrový<br>vrták | 18                              | 80                          |             | 4              |
| 4    | Soustružit nahrubo Ø120 na<br>Ø112 v délce 50     | PTGNR            | 105                             | 280                         | 0,3         | 2              |
| 5    | Soustružit načisto Ø112 na Ø110<br>v délce 50     | PTGNR            | 98                              | 280                         | 0,15        | 1              |
| 6    | Soustružit načisto Ø110 na Ø104<br>v délce 10     | SK 3713          | 63                              | 180                         | 0,15        | 0,5            |
| 7    | Soustružit načisto Ø65 na Ø70<br>přes celou délku | PTFNR            | 95                              | 430                         | 0,15        | 2              |
| 8    | Soustružit nahrubo Ø70 na Ø78<br>v délce 29       | PTFNR            | 93                              | 380                         | 0,3         | 1,5            |
| 9    | Soustružit načisto Ø78 na Ø80<br>v délce 29       | PTFNR            | 94                              | 380                         | 0,15        | 0,5            |
| 10   | Soustružit zápich Ø85 v délce 7                   | SK 3772          | 69                              | 280                         | 0,15        | 0,6            |
| 11   | Zarovnat čelo v délce 30                          | PTFNR            | 94                              | 380                         | 0,2         | 0,5            |
| 12   | Srazit hranu 1x45° na Ø70                         | SK 3726          | 63                              | 280                         |             | 0,2            |
| 13   | Srazit hranu 3x45° na Ø80,5                       | SK 3726          | 69                              | 280                         |             | 0,2            |
| 14   | Srazit hranu 2x45° na Ø104                        | SK 3726          | 91                              | 280                         |             | 0,3            |
|      | Soustružit závit Ø84 v délce 23                   | SK 3773          | 15                              | 56                          |             | 12             |
| 15   | Vyjmout a odložit                                 |                  |                                 |                             |             |                |



Tab. 13 upravený výrobní postup druhý úsek

| úsek | popis  | nástroj | $V_c$<br>[m.min <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[min <sup>-1</sup> ] | $f$<br>[mm] | $t_o$<br>[min] |
|------|--|---------|---------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 1    | Upnout za Ø110                               |         |                                 |                             |             | 1,5            |
| 2    | Zarovnat čelo na délku 80                    | SK 3713 | 69                              | 180                         | 0,2         | 1,5            |
| 3    | Soustružit nahrubo Ø120 na Ø87<br>v délce 39 | PTGNR   | 105                             | 280                         | 0,3         | 2,5            |
| 4    | Soustružit načisto Ø87 na Ø85<br>v délce 39  | PTGNR   | 114                             | 420                         | 0,15        | 0,5            |
| 5    | Soustružit zápich Ø79 v délce 7              | SK 3731 | 69                              | 280                         | 0,15        | 0,6            |
| 6    | Zarovnat čelo v délce 40                     | PTGNR   | 118                             | 340                         | 0,2         | 0,5            |
| 7    | Soustružit načisto Ø85 na Ø79<br>v délce 10  | SK 3713 | 60                              | 225                         | 0,15        | 0,7            |
| 8    | Srazit hranu 1x45° na Ø70                    | SK 3716 | 50                              | 225                         |             | 0,5            |
| 9    | Srazit hranu 1x45° na Ø79                    | SK 3713 | 56                              | 225                         |             | 0,5            |
| 10   | Srazit hranu 2x45° na Ø110                   | SK 3713 | 77                              | 225                         |             | 0,5            |
|      | Soustružit závit Ø64 v délce 23              | SK 3770 | 14                              | 56                          |             | 12             |
| 11   | Vyjmout a odložit                            |         |                                 |                             |             |                |

Červeně označené položky jsou vynechány. Optimalizované řezné podmínky jsou označeny zeleně. Postup pro frézování není barevně značen.

Tab. 14 postup výroby závitu

| úsek | popis                  | nástroj            | $V_c$<br>[m.min <sup>-1</sup> ] | $n$<br>[min <sup>-1</sup> ] | $f$<br>[mm.min <sup>-1</sup> ] | $t_o$<br>[min] |
|------|------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------|
| 1    | Upnout za Ø110         |                    |                                 |                             |                                | 1,5            |
| 2    | Frézovat vnější závit  | Kotoučová<br>fréza | 79                              | 420                         | 375                            | 4              |
| 3    | Otočit obrobek         |                    |                                 |                             |                                | 1,5            |
| 4    | Frézovat vnitřní závit | Kotoučová<br>fréza | 79                              | 420                         | 375                            | 4              |
| 5    | Vyjmout a odložit      |                    |                                 |                             |                                |                |

Čas výroby jednoho kusu  $t_o = 36,6$  min.

## 7 Ekonomické zhodnocení

### 7.1 Stanovení technické normy času stávající technologie [18]

$$t_{kst} = t_o + t_{xo} + t_{xd} \quad (6)$$

$$t_{kst} = 56,5 + 5,6 + 8,5$$

$$t_{kst} = 70,6 \text{ min}$$

$t_o$  - čas operační [min]

$t_{xo}$  - čas obsluhy pracoviště (10%  $t_o$ ) [min]

$t_{xd}$  - čas na oddech a přirozené potřeby (15%  $t_o$ ) [min]

$t_{kst}$  - čas kusový na jeden obrobek staré technologie

### 7.2 Stanovení technické normy času navržené technologie [18]

$$t_{knt} = t_o + t_{xo} + t_{xd} \quad (7)$$

$$t_{knt} = 36,3 + 3,6 + 5,5$$

$$t_{knt} = 45,4 \text{ min}$$

$t_o$  - čas operační [min]

$t_{xo}$  - čas obsluhy pracoviště (10%  $t_o$ ) [min]

$t_{xd}$  - čas na oddech a přirozené potřeby (15%  $t_o$ ) [min]

$t_{knt}$  - čas kusový na jeden obrobek nové technologie

### Úspora proti stávající technologii [18]

$$U_{tk} = t_{kst} - t_{knt} \quad (8)$$

$$U_{tk} = 70,6 - 45,4$$

$$U_{tk} = 25,2 \text{ min}$$

$U_{tk}$  - úspora času

$t_{kst}$  - čas kusový na jeden obrobek staré technologie [min]

$t_{knt}$  - čas kusový na jeden obrobek nové technologie [min]

porovnání technologií[18]

$$PT = \frac{t_{knt}}{t_{kst} \cdot 100} = \frac{45,4}{70,6 \cdot 100} = 64,3\% \quad (9)$$

Kusový čas se sníží na **64,3%** oproti původní technologii.

### 7.3 Kontrola velikosti výrobní dávky [18]

$$DV_{min} = \frac{t_b}{t_{knt} \cdot K_p} \quad (10)$$

$$DV_{min} = \frac{40}{45,4 \cdot 0,075}$$

$$DV_{min} = 12,3 \text{ ks}$$

$DV_{min}$  – minimální výrobní dávka

$K_p$  – součinitel přípustných ztrát seřizením  $K_p = 0,075$

Velikost výrobní dávky je **50 ks**. Minimální velikost výrobní dávky je nižší, než plánovaná výrobní dávka.

### 7.4 Stanovení norem času pro výrobní dávku [18]

$$t_{VD} = \frac{t_{knt}}{60} \cdot DV \quad (11)$$

$$t_{VD} = \frac{45,4}{60 \cdot 50}$$

$$t_{VD} = 37,8 \text{ Nh}$$

Úspora proti stávající technologii [18]

$$U_{tVD} = t_{VDS} - t_{VD} \quad (12)$$

$$U_{tVD} = 58,8 - 37,8$$

$$U_{tVD} = 21 \text{ Nh}$$

### Porovnání technologií [18]

$$PT = \frac{t_{VD}}{t_{VDS} \cdot 100} = \frac{37,8}{58,8 \cdot 100} = 64\% \quad (13)$$

$t_{knt}$  – NSČ jednoho kusu [min]

$t_{vd}$  – NSČ výrobní dávky

$t_{vds}$  – NSČ stávající výroby

$U_{tvd}$  – úspora NSČ výrobní dávky

Čas výrobní dávky se sníží na **64%**.

### 7.5 Stanovení roční NSČ výroby [18]

$$t_{RV} = t_{VD} \cdot PD \quad (14)$$

$$t_{RV} = 37,8 \cdot 12$$

$$t_{RV} = 453,6 \text{ Nh}$$

PD – počet výrobních dávek za rok (12)

$t_{RV}$  – NSČ roční výroby

### roční úspora NSČ [18]

$$U_r = t_{SVR} - t_{RV} \quad (15)$$

$$U_r = 705,6 - 453,6$$

$$U_r = 252 \text{ Nh}$$

### Porovnání technologií [18]

$$PT = \frac{t_{RV}}{t_{SVR} \cdot 100} = \frac{453,6}{705,6 \cdot 100} = 61,7\% \quad (16)$$

$t_{SVR}$  – stávající roční výroba [Nh]

$U_r$  – roční úspora zavedením nové technologie.

Zavedením nové technologie výroby vznikne **nadprodukce 252 Nh**, čímž se spotřeba času sníží na **61,7%** oproti původní technologii.

## 7.6 Porovnání operativních kalkulací výroby

### Náklady na výrobu jednoho kusu

Výrobní hodinová sazba pracoviště je 350 Kč/hod

Stávající výroba [18]

$$N_{ST} = \frac{t_{kst}}{60} \cdot HS \quad (17)$$

$$N_{ST} = \frac{70,6}{60 \cdot 350}$$

$$N_{ST} = 412 \text{ Kč}$$

Výroba novou technologií [18]

$$N_{NT} = \frac{t_{knt}}{60} \cdot HS \quad (18)$$

$$N_{NT} = \frac{45,6}{60 \cdot 350}$$

$$N_{NT} = 266 \text{ Kč}$$

$N_{ST}$  – náklady stávající technologie na výrobu jednoho kusu

$N_{NT}$  – náklady nové technologie na výrobu jednoho kusu

Úspora nákladů [18]

$$U_{NT} = N_{ST} - N_{NT} \quad (19)$$

$$U_{NT} = 412 - 266$$

$$U_{NT} = 146 \text{ Kč}$$

$U_{NT}$  – úspora nákladů na 1 ks.

## Náklady na výrobní dávku

Stávající výroba [18]

$$N_{VDST} = N_{ST} \cdot DV \quad (20)$$

$$N_{VDST} = 412.50$$

$$N_{VDST} = 20600 \text{ Kč}$$

Výroba novou technologií [18]

$$N_{VD} = N_{NT} \cdot DV \quad (21)$$

$$N_{VD} = 266.50$$

$$N_{VDST} = 13300 \text{ Kč}$$

$N_{VDST}$  – náklady stávající technologie na výrobu dávky

$N_{VD}$  – náklady nové technologie na výrobu dávky

DV – dávka výroby

Úspora nákladů [18]

$$U_{VD} = N_{VDST} - N_{VD} \quad (22)$$

$$U_{VD} = 20600 - 13300$$

$$U_{VD} = 7300 \text{ Kč}$$

$U_{VD}$  – úspora nákladů na dávku

## Náklady na roční výrobu

### Stávající výroba [18]

$$N_{RST} = N_{VDST} \cdot PD \quad (23)$$

$$N_{RST} = 20600.12$$

$$N_{RST} = 247200 \text{ Kč}$$

### Výroba novou technologií [18]

$$N_{RN} = N_{VD} \cdot PD \quad (24)$$

$$N_{RN} = 13300.12$$

$$N_{RN} = 159600 \text{ Kč}$$

$N_{RST}$  – náklady stávající technologie na roční výrobu

$N_{RN}$  – náklady nové technologie na roční výrobu

### Úspora nákladů [18]

$$U_{RN} = N_{RST} - N_{RN} \quad (25)$$

$$U_{RN} = 247200 - 159600$$

$$U_{RN} = 87600 \text{ Kč}$$

$U_{RN}$  – úspora nákladů na rok



## 7.7 Vyhodnocení ekonomických ukazatelů

Tab. 15 přehled ekonomických ukazatelů

| <b>Časové údaje</b> | <b>stávající</b> | <b>navržené</b> |
|---------------------|------------------|-----------------|
| Výroba jednoho kusu | 70,6             | 45,4            |
| Úspora [Nmin]       | -                | 25,2            |
| Výroba dávky        | 58,8             | 37,8            |
| Úspora [Nh]         | -                | 21              |
| Roční výroba        | 705,6            | 453,6           |
| Úspora [Nh]         | -                | 252             |
| <b>Náklady</b>      | <b>stávající</b> | <b>Navržené</b> |
| Výroba jednoho kusu | 412              | 266             |
| Úspora [Kč]         | -                | 146             |
| Výroba dávky        | 20600            | 13300           |
| Úspora [Kč]         | -                | 7300            |
| Roční výroba        | 247200           | 159600          |
| Úspora [Kč]         | -                | 87600           |

Z uvedených hodnot je patrné snížení ukazatelů navržené technologie.

## 8 Závěr

Práce je zaměřena na způsoby výroby závitu. Při řešení této diplomové práce byla úkolem optimalizace výroby součásti. Tohoto cíle bylo dosaženo výměnou hlavních řezných nástrojů a použitím technologie frézování závitu. Vzhledem k omezeným možnostem firmy je práce zaměřena na třískové obrábění na klasických obráběcích strojích.

Základním předpokladem přípravy procesu obrábění je správná volba obráběcího stroje a řezných nástrojů, které za vhodných řezných podmínek zajistí optimální provedení operace. Vývoj řezných nástrojů jde neustále kupředu, a proto by měly firmy investovat do nových technologií, které urychlují, nebo usnadňují proces obrábění. Tyto nástroje významně přispívají k zajištění vysoké produktivity výroby a dosažení požadované jakosti obráběného povrchu.

Úvod práce je zaměřen na způsoby výroby závitů. Jsou zde uvedeny jednotlivé způsoby výroby závitu především třískovým obráběním.

Další kapitola popisuje stávající technologii výroby závitů. Uvedeny jsou i jednotlivé použité nástroje.

Následující kapitola je zaměřena na návrh technologie výroby závitu frézováním.

V poslední kapitole jsou ekonomicky zhodnoceny stávající a nově navržená technologie výroby závitů. Zavedení nové technologie ušetří firma Drasty 87600 Kč za rok.

## 9 Literatura

- [1].katalog nástrojů, dostupný z www: <http://www.zavitnik.cz/>
- [2].výukové listy, dostupné z www: <http://www.gtz.de/en/dokumente/en-metalwork-thread-cutting-by-dies-and-taps-for-trainees.pdf>
- [3].DLOUHY, M. *Technologie obrábění vnějších závitů*: Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.
- [4].katalog nástrojů, dostupný z www: <http://katalog.mav.cz/detail.php?id=95>
- [5].AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
- [6].HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 95 s. [cit. 2010-3-20]. URL: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
- [7].Emuge Franken [online]. 16.3.2006 [cit. 2010-04-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.emugefranken.cz/soubory/128cz.pdf>>.
- [8].HUMAR, A.: *Technologie I – Základní metody obrábění – 1. část*. [online]. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 17 s.[cit. 2008 – 3 – 10]. URL: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/zakl\\_met\\_obr/zakl\\_met\\_obr\\_1.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf)>.
- [9].ZEMČÍK, O. *Nástroje a přípravky pro obrábění*-učební texty vysokých škol. BRNO: Akademické nakladatelství CERM s.r.o.,2002. 193 s.
- [10]. Tm top-maschinen.de [online]. c2009 [cit. 2009-05-20]. Příklad použití metody Flowdrill. Dostupný z WWW.

- [11]. ČECH, J., PERNIKAŘ, J., PODANY, K. *Strojírenská metrologie*. BRNO: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2005. 176 s.
- [12]. Ing. Jan Štrajbl. *obráběcí stroje*. SNTL Praha 1974 608 s.
- [13]. Katalog, <http://www.naradisitinapm.cz/index.php?action=detail&id=42>
- [14]. katalog nástrojů, dostupný z www: <http://www.nakol.cz/nastroje-pro-obrabeni-kovu/vrtaky/vrtak-s-kuzelovou-stopkou-stredni-rada-221140-hss-00000240.html>
- [15]. katalog nástrojů, dostupný z www: <http://www.azvercajk.cz/14217-soustruznicke-noze-denas/>
- [16]. materiálové listy, dostupné z www: <http://www.inoxspol.cz/>
- [17]. katalog nástrojů, dostupný z www: <http://www.vrtaky-brusne-kotouce.cz>
- [18]. Ing. Kratochvíl Jiří. Učební texty.
- [19]. PRAMET, *Katalog nástrojů*, [online]. 2010. [cit.2010-03-21]. Dostupné na WWW: <http://www.pramet.com/indexc1b6.html>
- [20]. Galerie výrobků, dostupná z www: <http://www.kastr.cz/>
- [21]. KOČMAN, K.; PROKOP, J. *technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-0.
- [22]. VASILKO,K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov: Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [23]. NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M.; *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina: EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [24]. HUMÁR. A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno: CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4